

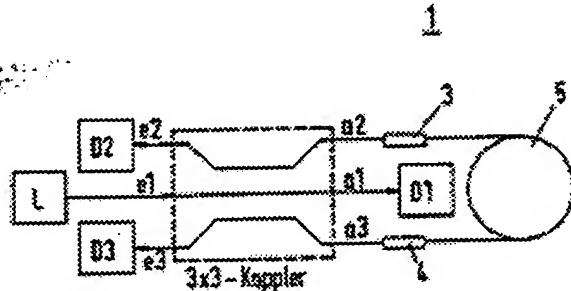
## Optical fibre rotating head of Sagnac type

**Patent number:** DE19502519  
**Publication date:** 1996-08-08  
**Inventor:** MUELLER REINHARD DR (DE); HARTL ENGELBERT DR (DE); TROMMER GERT DR (DE)  
**Applicant:** DAIMLER BENZ AEROSPACE AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01C19/58; G01C19/72; G02B6/00; G01P9/00  
- **European:** G01C19/72K; G02B6/34B  
**Application number:** DE19951002519 19950127  
**Priority number(s):** DE19951002519 19950127

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19502519

The rotating head has a 3 by 3 coupler (2) and a light conducting fibre spool (5). The latter has its two ends optically connected to two of the three outputs of the coupler (2). The head also has a light source and two beam detectors. These are optically connected to the three inputs of the coupler (2). A depolariser (3, 4) is arranged directly between each end of the spool (5) and the corresponding output of the coupler (2). Each depolariser (3, 4) includes at least two pieces of polarisation maintaining optically conductive fibre. These pieces of fibre are spliced together such that the main axes of adjacent pieces define an angle different from zero. The lengths of the fibre pieces of the depolarisers are different.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES  
PATENTAMT(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 195 02 519 A1

(51) Int. Cl. 6:

G 01 C 19/58

G 01 C 19/72

G 02 B 6/00

// G01P 9/00

DE 195 02 519 A1

(21) Aktenzeichen: 195 02 519.9  
 (22) Anmeldetag: 27. 1. 95  
 (23) Offenlegungstag: 8. 8. 96

## (71) Anmelder:

Daimler-Benz Aerospace Aktiengesellschaft, 80804  
München, DE

## (72) Erfinder:

Müller, Reinhard, Dr., 82178 Puchheim, DE; Hartl,  
Engelbert, Dr., 81669 München, DE; Trommer, Gert,  
Dr., 80809 München, DE

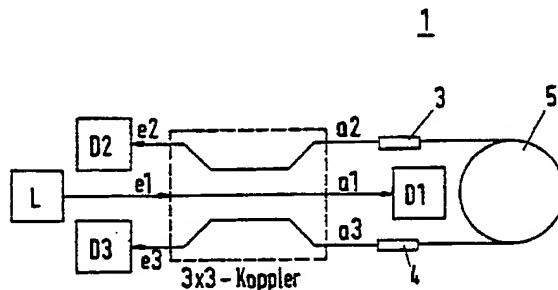
## (55) Entgegenhaltungen:

DE 41 20 675 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## (54) Optischer Faserkreisel vom Sagnac-Typ

(57) Werden für einen optischen Faserkreisel (1) mit einem 3 x 3-Koppler (2) nicht polarisationserhaltende Lichtleitfasern verwendet, so tritt im Meßergebnis ein Offset auf, der von Umgebungsbedingungen, z. B. der Temperatur, stark abhängig ist. Dieser Offset kann dadurch eliminiert bzw. sehr klein gemacht werden, daß zwischen beiden Enden der Faserspule (5) und die Ausgänge des 3 x 3-Kopplers (2) Faserdepolarisatoren (3, 4) angeschlossen werden, die aus mehreren, insbesondere jeweils zwei polarisationserhaltenden Faserstücken (31, 32, 41, 42) zusammengesetzt sind, deren Längen unterschiedlich sind und - bei jeweils zwei Faserstücken pro Depolarisator - im Verhältnis 1 : 2 : 4 : 8 stehen.



DE 195 02 519 A1

Optische Faserkreisel vom Sagnac-Typ sind z. B. aus der US-PS 4,653,917 oder der DE-OS 38 05 905 bekannt.

Bei diesen Faserkreiseln werden Lichtquellen verwendet, die in einem breiten Frequenzband unpolarisiertes Licht abgeben, z. B. gemäß der genannten US-Patentschrift und im übrigen in der US-PS 4,167,744 beschriebene Superlumineszenzdioden, die räumlich kohärentes Licht mit einer Bandbreite zwischen 10 und 20 nm aussenden; eine billigere Lösung, die zudem noch eine verbesserte Meßstabilität über lange Zeiträume ergibt, sind gemäß der erwähnten DE-OS 38 05 905 kantennemittierende Lumineszenzdioden, Multimode-Laserdioden mit faseroptischem Depolarisator oder superfluoreszente Monomode-Lichtleitfasern mit einer Halbleiterpumplichtquelle.

In dem Aufsatz von Trommer, Hartl, Müller et al in "APPLIED OPTICS", Band 29, Nr. 36 vom 20. Dezember 1990, Seiten 5360 bis 5365, sind für einen Faserkreisel gemäß der obigen DE-OS 38 05 905 die Funktionsgleichungen aufgestellt, mit denen die der Sagnac-Phase als Meßgröße entsprechende Drehrate des Faserkreisels bestimmt wird; vgl. a.a.O. die Gleichungen (18a), (18b), (18c) und (26). Die Drehrate wird angegeben als abhängig von verschiedenen Parametern, so z. B. den Eigenschaften des verwendeten  $3 \times 3$ -Kopplers, der Empfindlichkeit der Empfangsdioden, der Dämpfung der Faserspule und der Sagnac-Phase. Nicht mehr abhängig ist diese Funktionsgleichung von der Intensität der verwendeten Lichtquelle und auch nicht mehr von dem Kontrast des Interferenzsignals, der von den Eigenschaften der Faserspule abhängt. Diese dort angegebene Gleichung für die Drehrate hat allerdings nur Gültigkeit, solange der Kontrast des im Koppler erzeugten Interferenzsignals nicht Null wird. Der Kontrast verschwindet nicht, wenn die Faser der Faserspule absolut polarisationserhaltende Eigenschaften aufweist. Aus diesem Grunde werden für einen solchen Faserkreisel polarisationserhaltende Monomode-Fasern verwendet. Die Herstellungskosten für diese Fasern sind allerdings hoch.

Wenn Faserspulen aus billig herzustellenden, nicht polarisationserhaltenden Fasern gewickelt werden, kann der Kontrast des Interferenzsignals zu Null werden, so daß die Messung der Drehrate kein verwertbares Ergebnis bringt. Zur Kontraststabilisierung ist es bekannt, einen Faserdepolarisator an ein Ende der Faserspule aus nicht polarisationserhaltenden Fasern anzuspleißen; vgl. R. Ulrich: Polarization and Depolarization in Fiber Optic Gyroscope, Fiber Optic Rotation Sensors and Related Technologies, pp. 52–77 Springer-Verlag Berlin-Heidelberg (1982). Dieser Faserdepolarisator besteht aus mindestens zwei Stücken polarisationserhaltender Fasern, die so miteinander verspleißt sind, daß die Hauptachsen zweier benachbarter Faserstücke einen Winkel von  $45^\circ$  miteinander einschließen. Die Faserlängen sind so bemessen, daß diese und die Differenzen der Längen der Faserstücke größer sind als die Depolarisationslänge der polarisationserhaltenden Fasern; vgl. hierzu K. Böhm, K. Petermann: Performance of Light Depolarizers with Birefringent Single-Mode Fibres, J-LT (1) pp. 71–74 (1983). Eine einfache, dieser Regel genügende Anleitung zum Bau eines Depolarisators lautet: Die kürzeste Faserlänge muß größer sein als die Depolarisationslänge und jedes weitere Faserstück muß doppelt so lang sein wie das Vorausgehende; in welcher Reihenfolge die Faserstücke verspleißt werden,

ist hierbei bedeutungslos.

In der oben erwähnten Funktionsgleichung des Faserkreisels zur Bestimmung der Drehrate ist noch ein Term enthalten, der den Offset des Meßwertes aufgrund einer Polarisierung in der Faserspule angibt. Dieser Term verschwindet, wenn der Faserkreisel mit Licht betrieben wird, das den Polarisationsgrad Null hat. Auch in diesem Falle ist jedoch ein Depolarisator an einem Ende der Faserspule zur Kontraststabilisierung notwendig. Zudem ändert sich der oben erwähnte Offset bei einer Änderung des Polarisationszustandes und nicht nur des Polarisationsgrades des verwendeten Lichts. Der Polarisationszustand reagiert bei Verwendung nicht polarisationserhaltender Fasern sehr empfindlich auf Umgebungsbedingungen: kleine Temperaturänderungen ergeben z. B. schon bedeutsame Änderungen in der Restdoppelbrechung der verwendeten Fasern und über den Polarisationszustand Änderungen im Offset.

Die Verwendung von unpolarisiertem Licht genügt nicht für das Verschwinden des Offset, wenn Polarisierung im Faserkreisel selbst erzeugt wird. Es hat sich nun gezeigt, daß gerade nichtdoppelbrechende Fasern, wenn sie zu einer Spule gewickelt sind, unpolarisiertes Eingangslicht polarisieren können. Dieser Effekt beruht z. B. darauf, daß die Spule für Licht, das in der Wickel-ebene polarisiert ist, eine andere Dämpfung aufweist als für Licht, das senkrecht zur Wickelebene polarisiert ist. Die dadurch hervorgerufene Polarisierung des Lichts wird auch dann nicht aufgehoben, wenn ein idealer Depolarisator mit vollständiger Depolarisation an einem Ende der Faserspule entsprechend dem oben erwähnten Stand der Technik zur Kontraststabilisierung verwendet wird: vielmehr müßten, sofern genaueste Meßwerte erwartet werden, zusätzliche Maßnahmen vorgesehen werden, um den Effekt einer polarisierenden Faserspule bei Verwendung von nicht polarisationserhaltenden Fasern zu kompensieren.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Faserkreisel der in Rede stehenden Art anzugeben, der auch aus billig herzustellenden nicht polarisationserhaltenden Fasern hergestellt werden kann und der eine zusätzliche Polarisierung des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtes zuverlässig verhindert.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Dementsprechend liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, daß man das Entstehen eines Offset durch die in der Faserspule erzeugte Polarisierung verhindern kann, wenn diese Polarisierung wieder beseitigt wird, bis das Licht den  $3 \times 3$ -Koppler erreicht, wo die beiden, die Faserspule in entgegengesetzter Richtung durchlaufenden Lichtwellen miteinander interferieren. Dementsprechend wird auch an beide Enden der Faserspule ein Faserdepolarisator der oben genannten Art angespleißt, wobei dann die Längen der insgesamt vier Faserstücke der beiden Depolarisatoren unterschiedlich sind und insbesondere im Verhältnis  $1 : 2 : 4 : 8$  stehen. Hierbei ist es nicht notwendig, daß z. B. der eine Depolarisator aus den zwei kürzeren Faserstücken besteht und der andere aus den beiden längeren; die Reihenfolge der einzelnen Faserstücke ist beliebig. Die angegebene Längenbeziehung insbesondere im Verhältnis  $1 : 2 : 4 : 8$  wird gewählt, um die oben erwähnte, für einen Depolarisator gültige Regel für die Längenbeziehung für beide Depolarisatoren zu verwirklichen. Die Wirkung eines Depolarisators beruht auf den Laufzeitdifferenzen längs der Hauptachsen der polarisationserhaltenden Faser-

stücke. Wären zwei Faserstücke gleich, würden sich daher ihre Wirkungen aufheben und auch die Wirkung des Depolarisators wäre herabgesetzt oder in bestimmten Fällen ganz aufgehoben, je nachdem wie weit sich die Laufzeitdifferenzen kompensieren. In den beiden Depolarisatoren dürfen daher nie zwei gleich lange Faserstücke enthalten sein, um die Depolarisation nicht herabzusetzen.

Eine optimale Depolarisationswirkung beider Depolarisatoren ergibt sich, wenn die Hauptachsen zweier benachbarter Faserstücke in jedem Polarisator einen Winkel von  $45^\circ$  einschließen. Ferner sollten, wie oben erwähnt, die Längen der einzelnen Faserstücke und die Längendifferenzen zwischen unterschiedlichen Faserstücken jeweils größer als die Depolarisationslänge der polarisationserhaltenden Lichtleitfasern sein, aus denen die Faserstücke gebildet sind.

Aus der US-PS 4 712 306 ist ein optischer Faserkreisel mit mehreren  $2 \times 2$ -Kopplern bekannt, bei dem die beiden Enden der Faserspule mit einem Phasenmodulator verbunden sind, damit der Faserkreisel nahe am Quadraturpunkt arbeiten kann und auch kleine Drehungen gemessen werden können. Hierbei wird vorgeschlagen, auf den der Faserspule abgewandten Seiten der Phasenmodulatoren jeweils einen Depolarisator anzutragen, um die in der Faserspule verursachten Polarisationseffekte zu kompensieren. Es ist jedoch bekannt, daß auch die Lage des Depolarisators den Polarisationseffekt beeinflußt und eine vollständige Depolarisation nicht erreicht werden kann, wenn zwischen den Enden der Faserspule und den Depolarisatoren noch andere optische Elemente eingeschaltet sind; vgl. die oben angegebene Literaturstelle von R. Ulrich, insbesondere Seiten 255 bis 257 in Verbindung mit der Figur auf Seite 256.

Ein Faserkreisel gemäß der Erfindung aus einer Faserspule, die aus nicht doppelbrechenden Fasern gewickelt ist, und zwei Depolarisatoren kann auch mit einer Lichtquelle betrieben werden, die polarisiertes Licht liefert.

Der Offset wird bei Verwendung von zwei idealen Depolarisatoren zu Null; bei technisch realisierbaren, d. h. nicht idealen Depolarisatoren, die das eingestrahlte Licht nicht vollkommen depolarisieren, bleibt ein geringer Offset, der das Meßergebnis nicht wesentlich beeinflußt und dessen Größe von der Güte der Depolarisatoren abhängt.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung ist in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser stellen dar:

Fig. 1 einen Faserkreisel gemäß der Erfindung mit zwei Faserdepolarisatoren an den beiden Enden der Faserspule und

Fig. 2 eine schematische Darstellung der beiden Faserdepolarisatoren.

Ein Faserkreisel 1 weist einen  $3 \times 3$ -Richtkoppler 2 mit drei Eingängen e1, e2 und e3 sowie drei Ausgängen a1, a2 und a3 auf. Mit dem mittleren Eingang e1 ist die Anschlußfaser einer Lichtquelle L verbunden, die breitbandig unpolarisiertes Licht abgibt. Mit den symmetrisch zu diesem Eingang e1 gelegenen Eingängen e2 und e3 sind die Faseranschlußstücke von zwei Strahlungsdetektoren D2 und D3 verbunden.

Mit dem zentralen ersten Ausgang a1 ist ein Strahlungsdetektor D1 verbunden, der Intensitätsschwankungen der Lichtquelle bzw. Änderungen der Koppelei-

genschaften des  $3 \times 3$ -Kopplers wahrnimmt und zur entsprechenden Kompensation dient. Mit den symmetrisch zu diesem zentralen Ausgang a1 gelegenen Ausgängen a2 und a3 ist jeweils ein Faserdepolarisator 3 bzw. 4 verbunden. Beide Faserdepolarisatoren sind wie oben erläutert, aus jeweils zwei Stücken 31 und 32 bzw. 41 und 42 einer polarisationserhaltenden Lichtleitfaser gespleißt. In Fig. 2 sind die Hauptachsen P1, P2, P3 und P4 der polarisationserhaltenden Faserstücke 31 und 32 bzw. 41 und 42 schematisch angegeben. Die Hauptachsen P1 und P2 der aneinandergrenzenden Faserstücke 31 und 32 und die Hauptachsen P3 und P4 der aneinandergrenzenden Faserstücke 41 und 42 schließen jeweils einen Winkel von  $45^\circ$  ein. Die Längen der einzelnen Faserstücke sind stets größer als die Depolarisationslänge der verwendeten polarisationserhaltenden Lichtleitfaser.

Die Depolarisatoren 3 und 4 sind unmittelbar mit den beiden Enden einer Faserspule 5 verspleißt. Die Faserspule 5 ist aus einer Lichtleitfaser mit nicht polarisationserhaltenden Eigenschaften, z. B. einer nicht doppelbrechenden Monomode-Faser gewickelt.

#### Patentansprüche

1. Optischer Faserkreisel vom Sagnac-Typ mit einem  $3 \times 3$ -Koppler, einer Lichtleitfaser, deren zwei Enden mit zwei der drei Ausgänge des Kopplers optisch verbunden sind sowie mit einer Lichtquelle und zwei Strahlungsdetektoren, die mit den drei Eingängen des Kopplers optisch verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar zwischen jedem Ende der Lichtleitfaser 5 und dem zugehörigen Ausgang (a2, a3) des  $3 \times 3$ -Kopplers (2) ein Depolarisator (3, 4) angeordnet ist, von denen jeder aus zumindest zwei Stücken (31, 32, 41, 42) von polarisationserhaltenden Lichtleitfasern besteht, die miteinander so verspleißt sind, daß die Hauptachsen (P1, P2; P3, P4) zweier benachbarter Faserstücke (31, 32; 41, 42) einen von Null verschiedenen Winkel einschließen, und daß die Längen sämtlicher Faserstücke der beiden Depolarisatoren unterschiedlich sind.

2. Faserkreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Depolarisatoren (3, 4) jeweils aus zwei polarisationserhaltenden Faserstücken (31, 32; 41, 42) zusammengesetzt sind und die Längen der insgesamt vier Faserstücke im Verhältnis 1 : 2 : 4 : 8 stehen.

3. Faserkreisel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptachsen (P1, P2; P3, P4) aneinandergrenzender Faserstücke (31, 32; 41, 42) der Depolarisatoren (3, 4) einen Winkel von  $45^\circ$  einschließen.

4. Faserkreisel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Längen der Faserstücke (31, 32, 41, 42) und die Längendifferenzen zwischen unterschiedlichen Faserstücken jeweils größer als die Depolarisationslänge der polarisationserhaltenden Lichtleitfaser sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

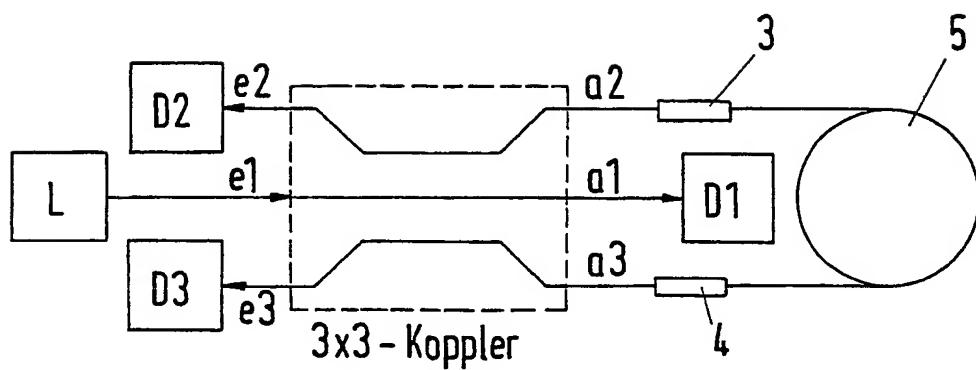
1

Fig. 2

